

## Oscilloscopio didattico II

### DIMOSTRAZIONE DELLA SOVRAPPOSIZIONE INDISTURBATA DI CAMPI MAGNETICI NEL VUOTO

- Sovrapposizione di campi alternativi magnetici a frequenza uguale e diversa e osservazione dello spostamento del punto di immagine del tubo.
- Produzione di figure di Lissajous chiuse.
- Verifica della frequenza di rete.

UE3070850

06/16 JöS

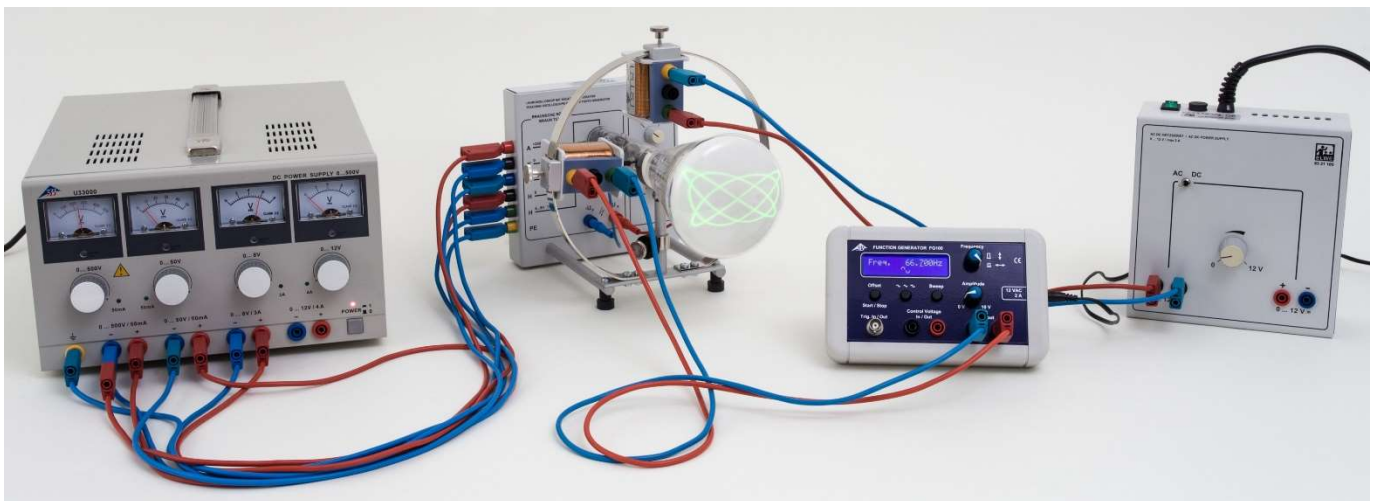


Fig. 1: Disposizione per la misurazione.

### BASI GENERALI

**Con il tubo a raggi catodici è possibile dimostrare il principio di sovrapposizione per i campi magnetici nel vuoto analizzando la deviazione del fascio elettronico del tubo nel campo magnetico. La verifica può essere eseguita in particolare modo anche per i campi magnetici alternativi, in quanto il fascio elettronico segue quasi privo di inerzia le variazioni del campo magnetico.**

Nell'esperimento, due bobine con caratteristiche costruttive identiche percorse da corrente vengono applicate esternamente al tubo a raggi catodici e viene osservata la deviazione del fascio elettronico nei campi magnetici delle bobine sotto forma di spostamenti del punto di immagine sullo schermo fluorescente del tubo. Mentre il campo magnetico della bobina orizzontale determina uno spostamento verticale, la bobina verticale provoca uno spostamento orizzontale.

Attraverso un campo magnetico alternato alla frequenza di

rete in una delle bobine, il punto di immagine viene allungato in una linea verticale o orizzontale. Se si collegano entrambe le bobine parallelamente alla sorgente di corrente alternata, compare una linea retta a meno di  $45^\circ$ , se le si collega non parallelamente essa compare a meno di  $-45^\circ$  rispetto alla verticale, in quanto gli spostamenti del punto di immagine vengono sovrapposti da entrambi i campi magnetici.

Le verifiche possono essere estese anche ai campi magnetici con frequenze diverse. Le figure di Lissajous ora osservabili sullo schermo fluorescente dipendono dal rapporto di frequenza dei due campi magnetici e dalla loro posizione di fase. Se le frequenze hanno tra loro un rapporto semplice e razionale vengono prodotte figure chiuse, la cui forma precisa dipende ancora dalla differenza di fase tra i campi magnetici, come è raffigurato nella Figura 2 per le figure di Lissajous con rapporto di frequenza 5:1.

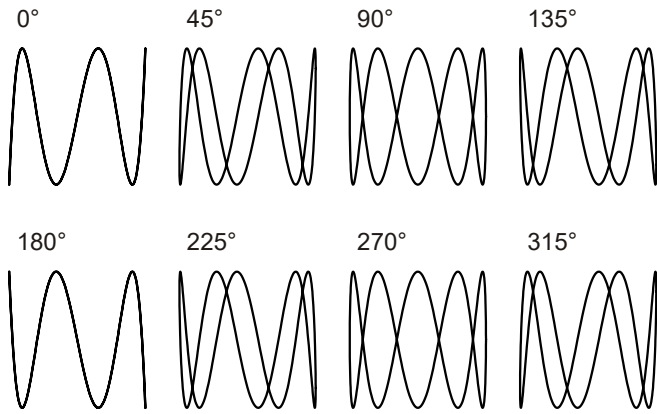


Fig. 2: Figure di Lissajous con rapporto di frequenza 5:1 e differenze di fase 0°, 45°, 90°, ...

Se il rapporto di frequenza si discosta solo leggermente da un rapporto razionale semplice, ne deriva una figura chiusa che cambia tanto più lentamente quanto più piccola è la deviazione dal rapporto razionale. Questo fenomeno viene sfruttato nell'esperimento per verificare la frequenza di rete. A tale scopo, la prima bobina viene collegata a un trasformatore funzionante a frequenza di rete e la seconda bobina a un generatore di funzione la cui frequenza di segnale possa essere letta con altissima precisione.

**ELENCO DEGLI STRUMENTI**

1 Oscilloscopio didattico	1025250
1 Alimentatore CC 0 – 500 V @230V	1003308
○	
1 Alimentatore CC 0 – 500 V @115V	1003307
1 Generatore di funzione FG 100 @230V	1009957
○	
1 Generatore di funzione FG 100 @115V	1009956
1 Alimentatore CA/CC 0 – 12 V @230V	1001007
○	
1 Alimentatore CA/CC 0 – 12 V @115V	1001006
1 Set di 15 cavi di sicurezza per esperimenti, 75cm	1002843

**MONTAGGIO**

**Norme di sicurezza**

L'oscilloscopio didattico viene utilizzato in parte con tensioni superiori a 60 V.

- Eseguire il cablaggio solo con alimentatore spento.
- Utilizzare i cavi di sicurezza.

Poiché il tubo di vetro è sotto vuoto, sussiste il pericolo di implosione.

- Non esporre i tubi a urti e sollecitazioni meccaniche.

Di norma l'oscilloscopio didattico funziona, a prescindere dal tubo installato, con tensioni anodiche fino a circa 300 V. La tensione anodica non deve in ogni caso superare i 350 V.

Nelle scuole e negli istituti di formazione l'utilizzo dell'apparecchio deve essere controllato responsabilmente da personale addestrato.

**Messa in funzione**

- Spegnerne l'alimentatore.
- Collegare gli ingressi dell'oscilloscopio didattico con le uscite dell'alimentatore in base alle tensioni indicate (Fig. 3).
- Accendere l'alimentatore.
- Impostare il regolatore di tensione in modo da non superare i valori limite.
- Mettere il generatore a dente di sega su "off".

Dopo 10-30 s compare sullo schermo fluorescente una macchia verde indicante il fascio di elettroni in arrivo. Per mantenere il tubo il più semplice e chiaro possibile a scopo didattico, si è rinunciato ad un dispositivo supplementare per l'accelerazione successiva e la messa a fuoco del fascio. Per questo motivo non è possibile di norma mettere a fuoco il fascio in modo così ottimale come avviene negli oscilloscopi per la tecnica di misurazione.

- I valori della tensione di Wehnelt variano finché la macchia non raggiunge l'estensione minima.

Il fascio elettronico è visibile anche all'interno del tubo come filo rossastro, ma, per la luminosità ridotta, solo in ambiente oscurato.

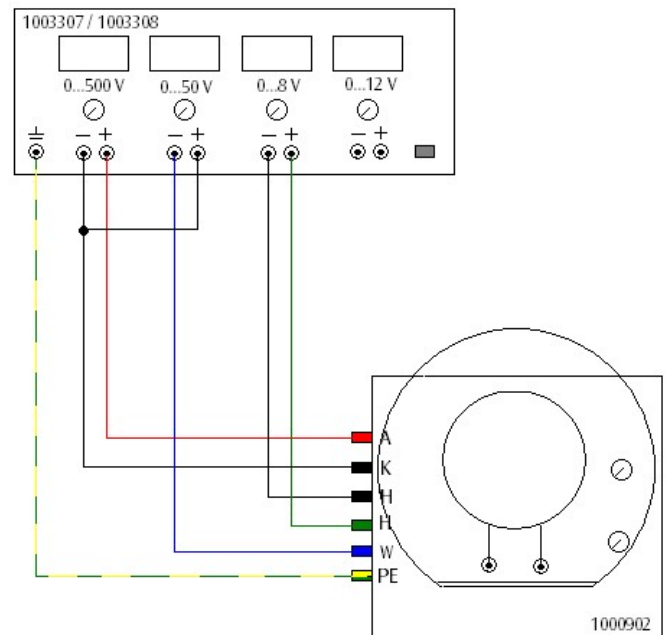


Fig. 3: Collegamento dell'oscilloscopio didattico all'alimentatore.

## ESECUZIONE

### Sovrapposizione di campi magnetici alternati

- Fissare sull'anello metallico una bobina come da Fig. 4 rivolta verso l'interno con asse orientato orizzontalmente.
- Collegare gli ingressi della bobina (verde, giallo) al generatore di funzione (impostato su una tensione sinusoidale di 50 Hz) come indicato alla Fig. 4. Selezionare l'ampiezza in modo che la linea che compare sullo schermo sia la metà del diametro dello schermo stesso.
- Con il magnete ad anello sul portatubi orientare la linea in posizione il più possibile centrale e verticale.
- Montare sull'anello metallico un'altra bobina rivolta verso l'interno con asse orientato verticalmente.
- Collegare gli ingressi della bobina (verde, giallo) all'alimentatore CA/CC.
- Accendere l'alimentatore CA/CC e impostare la tensione alternata (CA) fino a far comparire un'ellisse.
- Impostare la frequenza del generatore di funzione su multipli della frequenza di 50 Hz e osservare l'immagine.

### Produzione di figure di Lissajous chiuse

- In proseguimento della sovrapposizione di campi magnetici alternati (vedi sopra), impostare nuovamente il generatore di funzione a 50 Hz fino a quando ricompare l'ellisse.

L'ellisse cambia forma più rapidamente o più lentamente a seconda di quanto le frequenze dei segnali di ingresso coincidano. Per ogni ciclo viene assunta due volte la forma di una retta inclinata.

- Adeguare l'ampiezza del generatore di funzione in modo che l'inclinazione della retta corrisponda a 45° e durante il passaggio si generi un cerchio.
- Impostare la frequenza del generatore di funzione su multipli della frequenza di 50 Hz.

### Verifica della frequenza di rete

Se il rapporto di frequenza si discosta solo leggermente da un rapporto razionale semplice, ne deriva una figura chiusa che cambia tanto più lentamente quanto più piccola è la deviazione dal rapporto razionale. Questo fenomeno viene sfruttato per verificare la frequenza di rete. A tale scopo, la prima bobina viene collegata a un trasformatore funzionante a frequenza di rete e la seconda bobina a un generatore di funzione la cui frequenza di segnale possa essere letta con elevata precisione.

Compatibilmente alla frequenza di rete  $\nu$  viene cercata la frequenza del generatore  $\nu_5$  in corrispondenza della quale la figura di Lissajous da correlare al rapporto di frequenza 5:1 cambia più lentamente.

## ANALISI

### Sovrapposizione di campi magnetici alternati

Due campi magnetici alternati si sovrappongono senza interferenze. Il fascio elettronico viene deviato mediante due bobine in direzione verticale e orizzontale.

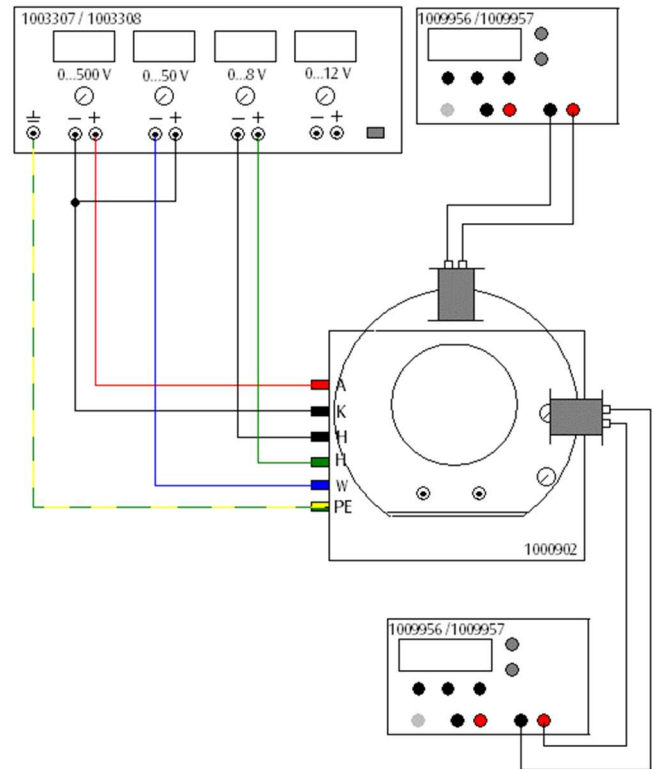


Fig. 4: Posizionamento e cablaggio delle bobine.

### Produzione di figure di Lissajous chiuse

Si osservano già le più semplici figure di Lissajous. Le forme dipendono dal rapporto delle frequenze e dallo spostamento di fase. Con una piccola deviazione dalla frequenza nominale esatta nel generatore di funzione (di norma è già sufficiente l'imprecisione degli apparecchi), lo spostamento di fase si verifica automaticamente e tutte le figure relative ad un rapporto di frequenza possono essere osservate in successione.

Se la frequenza del primo generatore di funzione viene impostata su multipli della frequenza orizzontale (50 Hz), si osservano figure di Lissajous per i rapporti di frequenza 2:1, 3:1, 4:1,...

Ulteriori figure di Lissajous si generano con frazioni della frequenza orizzontale (p. es. 3:2 (75 Hz), 4:3 (66,7 Hz)).

### Verifica della frequenza di rete

La frequenza di rete  $\nu$  è calcolabile nel momento di osservazione nel modo seguente.

$$(1) \quad \nu = \frac{\nu_5}{5} = \frac{249,95 \text{ Hz}}{5} = 49,99 \text{ Hz} .$$

Questa determinazione è effettuata con una precisione di 0,01 Hz, in quanto  $\nu_5$  può essere impostata con una precisione di 0,05 Hz.